

Projeto de arquitetura - proteção contra incêndio em elementos estruturais de aço

Cleide Cedeni Andrade¹ e João Carlos Souza²

1 Mestre em Arquitetura e Urbanismo - Pós-Arq – UFSC, Arquiteto e Urbanista, Engenheiro de Segurança. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC, Brasil. E-mail: cleide@ifsc.edu.br

2 Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UFSC, Brasil. E-mail: jcsouza@arq.ufsc.br

RESUMO: O desenvolvimento da humanidade, desde os mais remotos tempos, foi e continua sendo submetido a constantes desafios, testando sua capacidade de sobrevivência. Acontecimentos desastrosos causados por incêndios ao longo da história propiciaram a criação de mecanismos legais, impulsionados pela necessidade de construir ambientes seguros. Mostrou-se, a importância do arquiteto, profissional responsável pelo projeto de arquitetura e pelo gerenciamento dos projetos complementares, conheça os sistemas de revestimento contra incêndio a fim de evitar intervenções inadequadas, que não seja conveniente com o projeto idealizado. O objetivo deste trabalho é analisar os processos e materiais para revestimento contra incêndio em edificações com estruturas metálicas de aço e o seu grau de influência no projeto de arquitetura. A partir da pesquisa verificou-se que os diversos processos construtivos interagem com a arquitetura, dependendo da opção dos materiais e dos processos de execução. Verificou-se que os diversos sistemas de proteção contra incêndio incorporados à edificação por meio de revestimentos, interagem com projeto de arquitetura, e que por solicitação normativa, deve ser prevista a proteção dos elementos estruturais, a fim de evitar a instabilidade estrutural. Concluiu-se, que os diversos processos construtivos de revestimentos de proteções contra incêndio, não foram repassados em sua vivência acadêmica, haverá dificuldades de se elaborar um projeto de edificações segura e minimizar as intervenções no projeto de arquitetura.

Palavras-chave: Incêndio, Proteção contra incêndio, Arquitetura.

Architectural design - fire protection of structural steel elements

ABSTRACT: The development of mankind, since ancient times, was and remains subjected to constant challenges, testing their capability to survive. Disastrous events caused by fire throughout history led to the creation of legal mechanisms, driven by the need to build secure environments. It has been shown the importance for the architect, professional responsible for the architectural design and the management of complementary projects, to learn about fire coating systems in order to prevent inappropriate interventions, which is inconvenient for the idealized design. The objective of this study is to analyze the processes and materials for fire coating in buildings with metal structures of steel and their degree of influence

on architectural design. The research found that the various construction processes interact with the architecture, depending on the choice of materials and execution processes. It was found that the various fire protection systems incorporated into the building through coatings interact with architectural design, and that by a legal request, must foresee the protection of structural elements in order to avoid structural instability. It was concluded that if the different construction processes involving the use of coating protections against fire is not worked in their academic experience, there will be difficulties to create a safe building design and minimize the interventions in architectural design.

Keywords: Fire, Fire protection, Architectural Project

1 INTRODUÇÃO

A prevenção contra incêndio em edificações evoluiu a partir de acontecimentos desastrosos causados por incêndios ao longo da história. A avaliação destes desastres levou a criação de mecanismos legais, impulsionados pela necessidade de construir ambientes seguros.

Segundo [Ono \(2007\)](#), a importância do conhecimento mais amplo de uma edificação segura contra incêndio pode resultar em alternativa viável, que traduza os conceitos mínimos necessários em uma obra funcional, estética e segura, sem que a criatividade possa ser afetada e comprometida.

A grande dificuldade da elaboração de um projeto de edificação que contemple exigências da segurança contra incêndio está na formação acadêmica dos profissionais. Segundo [Seito et al. \(2008\)](#), os currículos dos cursos de arquitetura e engenharia têm um conteúdo extenso e apertado, não possibilitando transmitir outros conhecimentos. Assim, é necessária uma profunda reformulação para que o conteúdo de segurança contra incêndio (SCI) seja absorvido.

A presente pesquisa tem como foco principal o revestimento contra incêndio em elementos estruturais em aço (vigas, lajes e pilares) sujeitos às altas temperaturas em

situação de incêndio e a sua interação com o projeto de edificação, sendo que as proteções contra o fogo dos elementos construtivos em concreto e madeira, assim como, o risco de incêndio não foram tratadas no presente artigo.

A análise financeira detalhada dos custos de aplicações e manutenções das proteções contra o fogo também não foi objeto desta pesquisa, e sim informações pertinentes, associadas aos tipos de opções de menores custos.

2 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO ENSINO DE ARQUITETURA E URBANISMO

2.1 Educação e a Segurança Contra Incêndio

Em países desenvolvidos, a preocupação na SCI já vem sendo observada desde muito tempo. No Brasil, somente, após os acontecimentos desastrosos, principalmente, com os incêndios nos edifícios Andraus, em 1972, e Joelma, em 1974, a comunidade acadêmica foi alertada para essa necessidade, obrigando o desenvolvimento de pesquisas, criando uma nova mentalidade de se pensar e agir na prevenção e combate contra incêndio.

[Rosso \(1975 apud ONO, 2007\)](#), após o sinistro do Edifício Joelma, comenta:

Torna-se iminente a necessidade de fusão entre medidas normativas e o processo de concepção do projeto de edificações, de maneira a potencializar o fator de segurança nas edificações no que tange à proteção estrutural e de bens, assim como na salvaguarda de vidas, aliados aos aspectos de habitabilidade (ROSSO, 1975 apud ONO, 2007).

De acordo com [Ono \(2007\)](#), o trabalho de Rosso resultou numa apostila intitulada “Incêndio e Arquitetura”, que serviu de base para a formação de duas gerações de pesquisadores na área de segurança contra incêndio. A mesma autora defende a ideia de que as regulamentações existem para garantir que o nível mínimo de segurança seja exigido e atendido. Por outro lado, sem a compreensão conceitual das exigências, o arquiteto também não possui ferramentas para propor soluções alternativas de projeto que resultem numa edificação igualmente, ou até mais segura e estética/funcionalmente satisfatória, tolhendo, assim, a liberdade criativa. Conclui que é importante lembrar que não há, no Brasil, informações técnicas voltadas ao tema e dirigidas aos arquitetos e estudantes de arquitetura, criando, assim, uma lacuna a preencher, tanto com a sistematização das informações disponíveis no Brasil e no exterior, como com a discussão de sua adequabilidade e importância.

Nesse cenário, verifica-se que a formação de arquitetos e de engenheiros tem dado pouca ênfase para a SCI nas edificações; isso tem levado às práticas com baixa exigência em relação ao controle do risco de incêndio.

[Seito et al. \(2008\)](#) comentam:

Caso se decidisse implantar cursos de SCI em todos os cursos de arquitetura e engenharia,

seria um desastre, pois não existem quadros de professores suficientes para ministrar tais cursos. Existem apenas alguns professores orientando alunos de pós-graduação nessa área de conhecimento ([SEITO et al. 2008, p. 10](#)).

Normalmente, o arquiteto tem obrigação de definir as medidas de proteção passiva ¹ e também deve ter noções básicas dos princípios da proteção ativa ², pois, somente assim, pode garantir que os sistemas não sejam instalados de forma inadequada, prejudicando o projeto de edificações como um todo.

2.2 Formação do arquiteto e o projeto em estrutura metálica

Percebe-se que há grandes dificuldades de se projetar uma edificação que contemple os requisitos de segurança contra incêndio em estruturas de concreto armado, usualmente conhecida no meio acadêmico, nos cursos de arquitetura. Nas estruturas metálicas, acrescentam-se outros fatores, que tornam os projetos de edificações com diferentes formas de interpelações, às vezes de difícil compreensão, para os que não estão familiarizados com esse sistema. Um importante fator a ser considerado nesse processo refere-se à formação específica de

¹ Conjunto de medidas incorporado ao sistema construtivo do edifício, sendo funcional durante o uso normal da edificação e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias ao seu crescimento e propagação, garantindo a resistência ao fogo, facilitando a fuga dos usuários, a aproximação e o ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate (NBR 14432:2001).

² Tipo de proteção contra incêndio que é ativada manual ou automaticamente em resposta aos estímulos provocados pelo fogo, composta basicamente das instalações prediais de proteção contra incêndio (NBR 14432:2000).

profissionais da construção civil, na área de segurança contra incêndio.

[Zanettini \(2007\)](#) indica que “na arquitetura do mundo inteiro, não há nada mais significativo do que o aço. É uma solução tecnológica avançada, limpa e que pressupõe os mais variados desenhos para aeroportos, galpões, arenas, entre outros espaços”.

O sistema de construção em aço tem a sua forma lógica de trabalhar para a condição arquitetônica e especial mais correta, envolvendo diversos detalhamentos construtivos, dentre os quais, a revestimento contra incêndio, que desempenha um papel importante nesse sistema. A busca insistente para compor uma solução harmoniosa de fácil execução, menor interferência no projeto de edificações e com custo comparativamente baixo, deve ser motivo de atenção dos arquitetos.

2.3 Estrutura curricular dos cursos de arquitetura e urbanismo e a segurança contra incêndio

As estruturas curriculares dos cursos de arquitetura, de forma geral, apresentam lacunas consideráveis, quando o assunto é segurança contra incêndio, principalmente, ao tratar-se de estruturas metálicas. A deficiência com que o tema é tratado, não somente em estruturas de aço, mas também, em estruturas de concreto, impossibilitam ao arquiteto conceber projetos de edificações, que atendam às necessidades de uma obra segura, quando submetida a incêndio.

[Carvalho \(2010\)](#)³, em entrevista ao Portal da Arquitetura, Engenharia e Construção

– E-construmarket - AECweb, tratando do tema “Arquitetura brasileira: um triste cenário”, ao ser indagada sobre a perda de espaço do arquiteto no mercado imobiliário, e como isso se revela, responde:

Essa perda de espaço pode ser constatada na defasagem que existe entre o que se discute nos meios acadêmicos e o que se faz no mercado imobiliário. De um modo geral, essa arquitetura é criticada nos meios acadêmicos que não reconhecem o que é construído como boa arquitetura. Algumas questões se colocam: nós estamos ensinando para quem? As pessoas saem da faculdade e estão indo trabalhar aonde? Considero que existe um divórcio entre o que se faz lá fora e o que se fala na academia. ([CARVALHO, 2010](#)).

Constata-se essa separação, mais acentuadamente do que expõe [Carvalho \(2010\)](#), quando o assunto tratado é SCI nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

3 MATERIAIS USADOS PARA REVESTIMENTO CONTRA INCÊNDIO

Os materiais de revestimento contra incêndio, como, projetados, gesso acartonado resistente ao fogo - GARF, tintas intumescentes, alvenarias de blocos de concreto ou cerâmico, entre outros, são importantes na proteção estruturas metálicas submetidas às altas temperaturas, minimizando o fluxo de calor para determinado tempo requerido de resistência ao fogo - TRRF.

3.1 Materiais rígidos ou semirrígidos

Os materiais rígidos são geralmente elementos pré-fabricados fixados à estrutura

³ Professora livre-docente, Mônica Junqueira de Carvalho, leciona a disciplina História da Arquitetura Contemporânea na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.

porânea na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.

na maior parte por meio de pinos de aço. Os semirrígidos são feitos com materiais fibrosos como lã de rocha, em geral, aglomerado com resinas, com propriedades térmicas bastante semelhantes ao das mantas ([Quadro 1](#)).

Quadro 1: Materiais rígidos ou semirrígidos produzidos e empregados no mercado brasileiro.

Frame 1: Rigid or semi rigid materials produced and used in the brazilian market.

PRODUTO	FABRICANTE	MATERIAL
PEM Thermax	Rockfibras	Lã de rocha basáltica
Firemaster	Morganite do Brasil	Fibra cerâmica
Firewrap B6	Morganite do Brasil	Fibra cerâmica
Placo	Placo do Brasil	Gesso acartonado
Knauf	Knauf do Brasil	Gesso acartonado
Gypsum	Lafarge	Gesso acartonado

Fonte: [Seito et al. \(2008, p.156\)](#).

Conforme [Pannoni \(2009\)](#), os materiais rígidos ou semirrígidos podem ser aplicados a seco, tanto na forma de “caixas” quanto de “envolventes”.

3.2 Materiais projetados

Revestimentos projetados contra fogo são os mais empregados na construção civil brasileira, e apresentam excelentes desempenhos como revestimento contra incêndio, sendo resistentes a chamas e às altas temperaturas e atendem aos TRRF superiores com o que determina a NBR 14432/2001.

De acordo com [Seito et al. \(2008\)](#), esses materiais são conduzidos, dentro do equipamento de aplicação, na condição seca (fibras projetadas) ou úmida (materiais de base gesso contendo vermiculita) como pode ser observado no [Quadro 2](#).

Quadro 2: Materiais projetados empregados no mercado brasileiro.

Frame 2: Designed materials used in the brazilian market.

PRODUTO	FABRICANTE	REPRESENTANTE NO BRASIL
---------	------------	-------------------------

Blaze Shield II	Isolatek internacional	Morganite do Brasil
Cafco 300	Isolatek internacional	Morganite do Brasil
Fendolite	Isolatek International	Morganite do Brasil
Pyrolite 15 HY	Carboline	Unifrax Brasil
Pyrolite 22	Carboline	Unifrax Brasil
Pyrolite 40	Carboline	Unifrax Brasil
Termosist	Grupo Sistema	Produzido no Brasil
Isobrax	Magnesita	Produzido no Brasil
Isopiro	Eucatex	Produzido no Brasil
Isopiro LV	Eucatex	Produzido no Brasil
Monokote MK6	Grace	Grece do Brasil

Fonte: [Seito et al. \(2008, p. 56\)](#).

Esse bom desempenho contra incêndio associado a um custo atrativo, tem possibilitado a uma utilização em escala maior se for comparada a outros revestimentos, mesmo não apresentando uma boa aparência onde se busca uma estética aprimorada.

3.3 Tintas intumescentes

Um sistema intumescente possui, de modo geral, três componentes: um primer, a tinta intumescente (a fase que reage) e um selante (a pintura de acabamento). Em algumas situações, o primer ou o acabamento podem não ser necessários.

Segundo [Seito et al. \(2008\)](#), os revestimentos intumescentes mais empregados na construção de edifícios podem ser tanto de base solvente quanto base de água, e tipicamente possuem uma espessura de película seca menor do que 3mm.

4 REVESTIMENTO CONTRA FOGO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE AÇO E A INTERAÇÃO COM O PROJETO DE ARQUITETURA DE EDIFICAÇÕES

O revestimento contra fogo dos componentes de aço de uma estrutura apresenta uma variedade de arranjos e soluções, atrelados aos valores estéticos, resistência, cus-

to, entre outros, que o arquiteto deve conhecer quando da elaboração do projeto de edificações.

4.1 Revestimento contra fogo em elementos estruturais

Em pilares e vigas, deve-se concentrar maior atenção quando da necessidade de protegê-los contra as chamas e altas temperaturas, em situação de incêndio, devido aos esforços a que estarão sujeitos. Igualmente, não se devem desprezar as lajes quanto às solicitações a que estarão submetidas.

4.1.1 Pilares

Quanto à forma de aplicação de revestimento contra fogo em pilares, ela pode apresentar características inerentes ao ambiente e à aparência (conforme [Figura 1](#)).

Figura 1: Forma de aplicação de revestimento contra incêndio em pilares.

Figure 1: Application method for fire coating on pillar.



Fonte: [Pannoni \(2009, p. 26\)](#)

Os perfis mais comuns utilizados em pilares nas estruturas de aço são os perfis H e os tubulares. O primeiro apresenta a vantagem de ser aberto, facilitando a ligação com as vigas e sua manutenção. Os segundos apresentam a vantagem de grande rigidez, mas têm contra si a maior dificuldade na concepção das ligações e o problema da

deterioração ocorrer de dentro para fora, dificultando o aspecto da manutenção.

A seguir serão apresentadas as alternativas de revestimento contra fogo em pilares:

A) Pilares protegidos por paredes de blocos

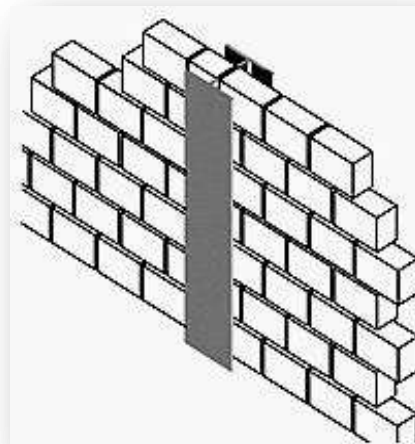
a1) Pilares integrados com paredes de blocos (interno/externo)

Elementos de aço podem ser parcialmente integrados (conforme [Figura 2](#)), ou com o mínimo de exposição do perfil, (conforme [Figura 3](#)), entretanto, uma solução intermediária pode ser utilizada, quando o perfil apresentar uma área maior de exposição às chamas e ao calor que as demais soluções ([Figura 4](#)).

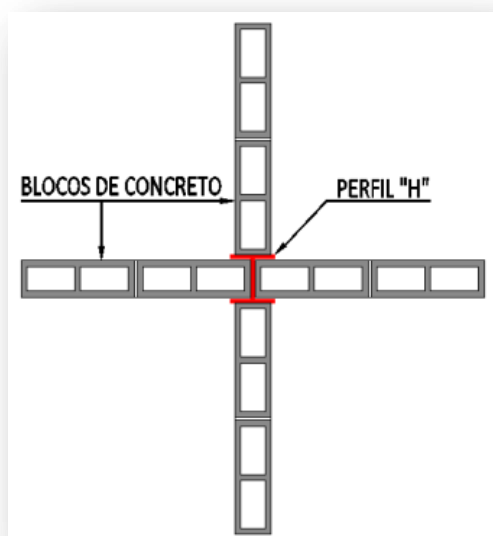
Na interação com o projeto de edificações, as soluções apresentadas, nas [Figuras 2 e 3](#), pouco interferem em acréscimo dimensional, principalmente quando o perfil utilizado apresenta dimensões que possibilitem uma aproximação com espessuras das paredes. Ao integrá-los na alvenaria, consegue-se uma diminuição da área exposta ao fogo, resultando economia com material de revestimento contra fogo ou até eliminando-os.

Figura 2: Pilar parcialmente integrado à parede de blocos.

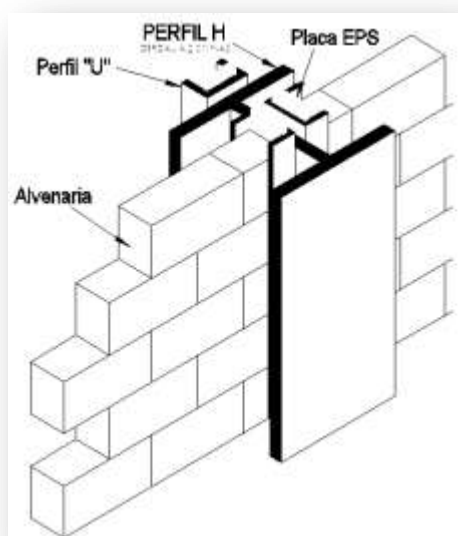
Figure 2: Pillar partially integrated into a wall of blocks.



Fonte: [Vargas et al. \(2010, p. 47\)](#).

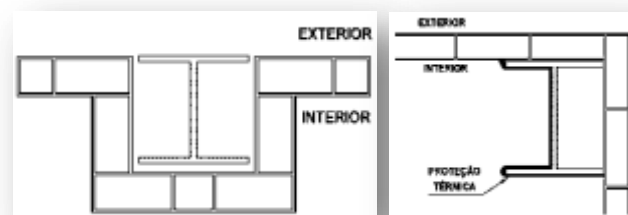
Figura 3: Pilar interno incorporado às paredes.**Figure 3:** Internal Pillar incorporated into walls.Fonte: [Andrade \(2010, p. 116\)](#)

O aspecto de acabamento (aparência), principalmente, como ilustrado na [Figura 4](#), dependerá da criatividade do arquiteto, em situação em que, complementos de acabamento (revestimento) ou mesmo uso da estrutura aparente, podem ser soluções viáveis.

Figura 4: Pilar parcialmente incorporado às paredes.**Figure 4:** Pillar partially incorporated into the walls.Fonte: [Coelho \(2007, p. 31\)](#)

a2) Pilares periféricos (externo) integrados com paredes de blocos

Vários são os arranjos que podem fazer parte de detalhamento de projeto de edificações em estrutura metálica. Assim, destacam-se, dentre elas, algumas que mais interferem em acréscimo dimensional, ([Figura 5a](#)), e acabamento (estética) ([Figura 5b](#)).

Figura 5: Pilares de fachada, interfaces com alvenaria.**Figure 5:** Front Pillars, interfaces with masonry.

(5a - Linha)

(5a - Line)

(5b - Canto)

(5b - Corner)

Fonte: [Vargas e Silva \(2003, p. 63\)](#).

O posicionamento dos pilares em relação à alvenaria é necessário ser bem estudado, pois, simples arranjo da posição relativa entre pilares e alvenaria pode proporcionar economia significativa de revestimento contra fogo e altas temperaturas.

B) Pilares mistos (aço/concreto), protegidos por concreto

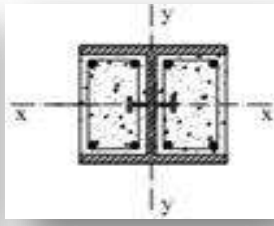
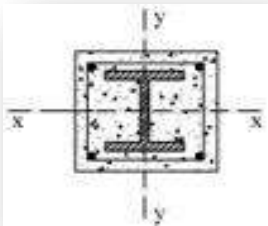
[Seito et al. \(2008\)](#) defendem a ideia de que as estruturas mistas de aço e de concreto são aquelas em que ambos os materiais trabalham de forma solidária para resistir aos esforços externos. Em situação de incêndio, há transferência de calor entre os elementos estruturais.

Há três tipos de pilares mistos: totalmente revestidos por concreto (enclausurados), parcialmente revestidos por concreto, e tubulares preenchidos com concreto, que pouco interfere em acréscimo dimensional

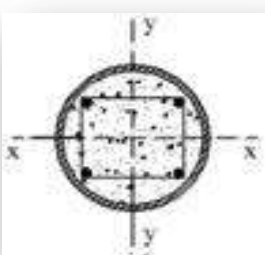
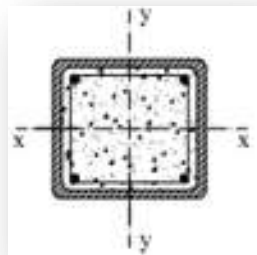
e possibilitam um bom acabamento (estética), ([Figura 6](#)).

Figura 6: Tipos de seções transversais de pilares mistos.
Figure 6: Types of cross sections of mixed pillars.

- a) Perfil I ou H totalmente revestido com concreto
a) I or H shape, totally lined with concrete
- b) Perfil I ou H parcialmente revestido com concreto
b) I or H shape, partially lined with concrete



- c) Perfil tubular retangular preenchido com concreto
c) Rectangular tubular shape, lined with concrete
- d) Perfil tubular circular preenchido com concreto
d) Circular tubular shape, lined with concrete



Fonte: [ABNT \(2013, p. 34\)](#).

Algumas desvantagens da proteção com concreto são o custo (é uma das mais caras formas de proteção), a velocidade (consome tempo na obra), o peso (a edificação ficará muito mais pesada) e a redução de espaço ao redor das colunas.

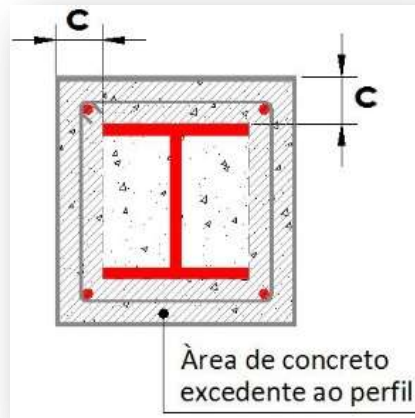
b1) Pilares totalmente envolvidos por concreto (enclausurados)

O cobrimento mínimo de concreto (c) ([Figura 7](#)), com função apenas de isolamento térmico apresenta valores variáveis conforme o TRRF. A variação do cobrimento de concreto (c) para as condições em que os pilares estão dimensionados como elemen-

tos mistos, também desempenham funções estruturais.

Figura 7: Seções transversais de pilares mistos – Cobrimento “c”.

Figure 7: Types of cross sections of mixed pillars – “c” coverings.



Fonte: [Andrade \(2010, p. 120\)](#).

A principal vantagem na utilização do concreto como material de revestimento contra incêndio diz respeito à durabilidade, mesmo considerando seu custo elevado. O enclausuramento tende a ser utilizado quando o componente em aço está sujeito ao risco por impacto, abrasão ou exposição ao intemperismo, (conforme [Figura 8](#)), característico de estacionamentos.

Figura 8: Pilares mistos – Execução do revestimento contra incêndio.

Figure 8: Mixed pillars - Implementation of fire coating.



Fonte: [Pannoni \(2009, p. 44\)](#).

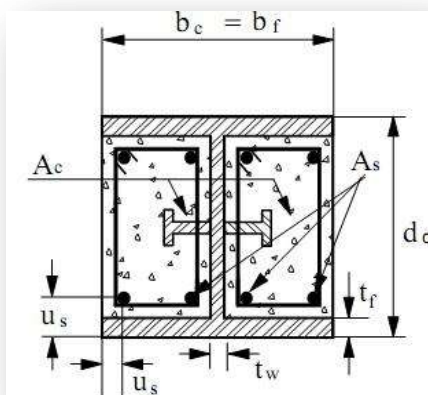
Essa interação não pode ser desprezada na verificação final do projeto de edificações (acréscimo da seção devido ao cobrimento c), mesmo sabendo que esse tipo de solução, aliando resistência às altas temperaturas e esforços mecânicos, ainda incorpora o revestimento contra fogo na concepção final do projeto estrutural. O acabamento segue o convencional em revestimentos adequados ao ambiente.

b2) Pilares parcialmente envolvidos por concreto

O concreto envolvido no perfil fica parcialmente enclausurado entre a alma e a mesa e, além da função de revestimento parcial contra incêndio, desempenha função de suporte de cargas (Figura 9).

Figura 9: Seção transversal de pilar misto parcialmente envolvido por concreto.

Figure 9: Cross section of a mixed pillar partially surrounded by concrete.



Fonte: [ABNT \(2013, p. 37\)](#)

Os aspectos de acabamento podem ser tratados da mesma forma que as estruturas metálicas, em que a criatividade do arquiteto pode gerar elementos visualmente agradáveis (conforme Figura 10).

Figura 10: Pilar misto parcialmente envolvido por concreto.

Figure 10: Mixed pillar partially surrounded by concrete.



Fonte: [Pannoni \(2003, p. 10\)](#).

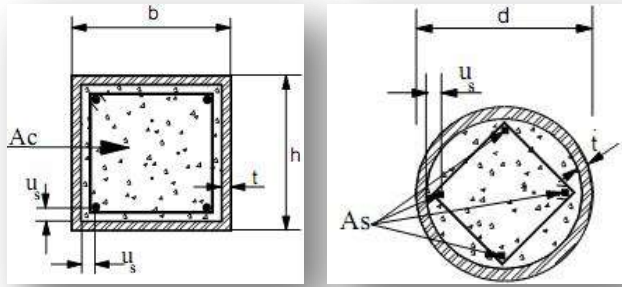
A utilização dessa solução não adiciona valores dimensionais que possam interferir, além do perfil metálico.

b3) Pilares tubulares preenchidos com concreto

De acordo com [Jacinto et al. \(2009\)](#), o aço e o concreto têm bom comportamento em termos de capacidade resistente, tanto em temperatura ambiente, quanto em altas temperaturas, principalmente na forma de tubos preenchidos com concreto, porque o concreto retarda a velocidade de aumento da temperatura no aço e aumenta a rigidez do elemento estruturas, ao retardar a flambagem local do tubo. Espessura da parede do tubo, resistência do concreto, diâmetros das barras de aço, entre outras, são importantes na adoção desse sistema (Figura 11).

Figura 11: Seções transversais de pilares mistos preenchidos por concreto.

Figure 11: Cross sections of mixed pillars filled with concrete.



Fonte: [ABNT \(2013, p. 38\)](#).

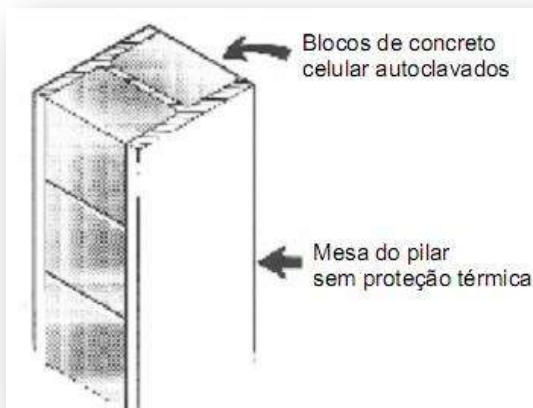
As formas desses perfis apresentam as mesmas condições que os perfis parcialmente envolvidos com concreto, relativos a acréscimos de área, tal qual, estrutura convencional em aço, onde o acabamento segue os mesmos padrões de revestimento (pintura).

C) Pilares protegidos com concreto celular autoclavado - CCA

A principal característica do CCA, referente à sua baixa condutividade térmica, é o fato de possibilitar sua utilização como proteção de perfis metálicos em situação de incêndio (pilares internos) ([Figuras 12 e 13](#)).

Figura 12: Pilar em perfil H protegido com blocos.

Figure 12: Pillar in H shape protected with blocks.



Fonte: [British Steel \(1998 apud VARGAS; SILVA, 2003, p. 33\)](#).

A solução adotada na [Figura 12](#), o revestimento contra fogo do elemento estrutural (pilar) não apresenta acréscimo dimensional no perímetro resultante e possibilita boas condições de um acabamento, conforme [Figura 13](#).

Figura 13: Pilar em perfil H protegido com blocos, acabamento final.

Figure 13: Pillar in H shape protected with blocks, finished design.



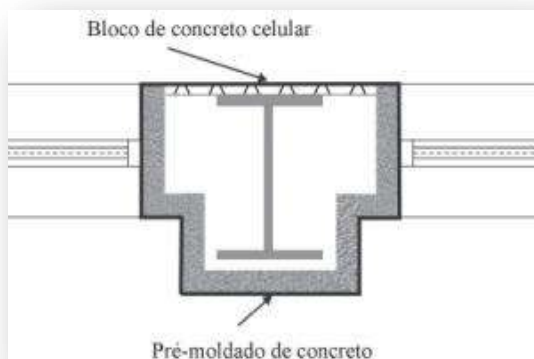
Fonte: [Pannoni \(2009, p. 44\)](#)

Nessa condição, a utilização de revestimento com blocos CCA entre as mesas do perfil, a função é restrita de revestimento contra fogo.

Pilares em fachada podem ser protegidos por blocos ou painéis de CCA, associados a outros materiais, apresentando as mesmas condições de acabamentos que os pilares internos, porém, com características específicas de cada projeto de edificação (conforme [Figura 14](#)).

Figura 14: Pilar parcialmente protegido por blocos de concreto celular.

Figure 14: Partially protected pillar of cellular concrete blocks.



Fonte: [Vargas et al. \(2010, p. 46\)](#).

D) Pilares protegidos por pré-moldados de concreto

Soluções construtivas em pré-moldados leves de concreto oferecem uma solução esteticamente adequada a um grande número de situações e a um custo relativamente baixo ([Figuras 15 e 16](#)).

Figura 15: Detalhe do componente confeccionado em pré-moldado leve.

Figure 15: Detail of the lightweight precast component.



Fonte: [Seito et al. \(2008, p. 155\)](#).

Figura 16: Pilares de aço protegidos com pré-moldados de concreto.

Figure 16: Steel pillars protected with precast concrete.



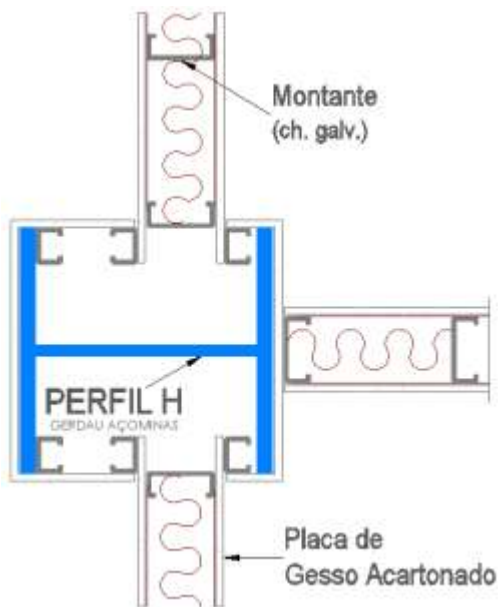
Fonte: [Seito et al. \(2008, p. 155\)](#).

A resistência ao fogo deste tipo de componente é de, no mínimo, 60 minutos e pode proteger elementos internos e externos à edificação.

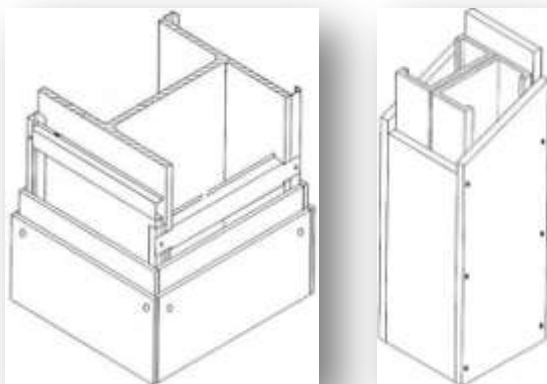
A interação com o projeto de edificação apresenta acréscimo dimensional, porém, se comparados com os blocos de concreto, não se torna tão significativa. Esse tipo de material possibilita uma variedade de revestimentos normalmente utilizados como acabamento, em obras de edificações.

E) Pilares protegidos por paredes de gesso acartonado resistente ao fogo - GARF

A utilização de placas de GARF, aplicadas em componentes internos, tipo caixa, possui características específicas para proteção contra fogo e altas temperaturas ([Figura 17](#)), que as torna diferente de placas *dry wall* (parede seca) de uso geral, utilizadas para vedações.

Figura 17: Pilar interno enclausurado às redes de GARF.**Figure 17:** Internal pillar enclosed to GARF networks.Fonte: [Coelho \(2007, p. 24\)](#).

Os aspectos relativos aos acréscimos dimensionais, em planta, são pequenos ([Figuras 18a e 18b](#)). Tudo dependerá das adaptações, de acordo com a necessidade; entretanto, o acabamento segue os padrões normais, alvenaria, concreto, aço, entre outros.

Figura 18: Pilares internos, (a) enclausuramento com suporte, (b) enclausuramento sem suporte - GARF.**Figure 18:** Internal pillars, (a) enclosure with support, (b) enclosure unsupported - GARF

(a)

(b)

Fonte: [Gerken \(2007, p. 107\)](#).

Em pilares isolados protegidos por GARF, utilizados em ambientes interno, necessitam de atenção especial, principalmente quando posicionados em locais onde possam ocorrer impactos ou presença de umidade. Quanto ao projeto de edificações, a interferência é a menor possível.

F) Pilares protegidos por placas, painéis e mantas de fibras minerais.

f1) Placas de lã de rocha.

Os painéis de lã de rocha podem ser utilizados em proteção de pilares de aço, porém, não apresentam um bom acabamento e não oferecem resistência a impactos, sendo necessário utilizar revestimento adicional resistente e que apresente um bom acabamento. Entretanto, a alternativa de instalar um material que apresente bom desempenho à resistência mecânica e possibilite um bom acabamento, vai resultar num acréscimo de área, além do que o revestimento contra incêndio no perfil de aço originalmente apresentava.

f2) Placas de vermiculita.

São placas isolantes extremamente leves, prensadas, quimicamente ligadas à base de vermiculita expandida e ligantes inorgânicos, apresentando boa resistência mecânica. É um produto inodoro, imputrescível, não deteriorável e incombustível. A interferência no projeto de edificações apresenta características semelhantes ao sistema de GARF.

f3) Painéis de silicato de cálcio autoclavado

São placas rígidas de grande resistência a impactos e à abrasão. Os painéis são instalados de forma limpa, mesmo em edificações já em funcionamento, por meio de travamentos por parafusos ou grampos, sem a necessidade de soldagem na estrutura.

ra. Este material possui acabamento similar a placas GARF, podendo receber massas e pinturas de acabamento, posteriormente a sua aplicação.

f4) Mantas de fibras minerais

As mantas de lã de rocha e de fibra cerâmica são de baixa densidade e apresentam boa flexibilidade. Aplicadas de modo a envolver o perfil metálico, são fixadas com pinos de aço à estrutura. Não são indicadas para ambientes abertos, onde há possibilidade de o intemperismo provocar a ocorrência de desprendimento das fibras. Em ambientes onde há possibilidade de impactos ou exigências de acabamentos mais aprimorados, outros revestimentos para proteger o isolante térmico devem ser providenciados, porém, ocorrerá um acréscimo da área do pilar, adicionada à área do revestimento contra incêndio, semelhante ao resultado de acabamento das placas de lã de rocha.

G) Pilar protegido por argamassas projetadas

Argamassas projetadas são os materiais mais utilizados em todo o mundo para o revestimento contra incêndio de estruturas metálicas, pois, reúnem as maiores vantagens técnicas e os menores custos para todas as situações, principalmente onde as estruturas não estejam aparentes, como vigamentos ocultos sobre forros. Pilares podem receber acabamentos (gesso acartonado, concreto, entre outros), sendo muitas vezes utilizado o concreto como proteção contra impactos, conforme [Figura 19](#).

Figura 19: Central dos Correios Santo Amaro - São Paulo, protegido com Argamassa projetada.

Figure 19: Central Post Office Santo Amaro - São Paulo, protected with designed mortar.



Fonte: [Refrasol \(2015\)](#).

A superfície rugosa da argamassa projetada não apresenta um bom acabamento, a não ser quando alisada, por isso, são mais adequadas para ambientes menos exigentes. O acréscimo dimensional no elemento estrutural é insignificante, quando apresenta proteção contra incêndio.

I) Pilar protegido por tintas intumescentes

Conforme [Engterm \(2015\)](#), a pintura intumescente é uma película fina, que aumenta o volume em até 40 vezes a sua espessura original aplicada e quando sujeita à ação do calor forma uma camada de revestimento contra fogo por até 2 horas, dependendo da espessura final aplicada. É adequada para ambientes internos e externos, destacando-se a facilidade de aplicação, limpeza e aspecto harmonioso, porém, possui uma aplicação lenta e de preço elevado, se comparado aos demais sistemas.

Segundo [Refrasol \(2015\)](#), as tintas intumescentes são os produtos de melhor acabamento visual para a proteção de estruturas metálicas, todavia são materiais caros,

que devem ser utilizados com cautela para se garantir a viabilidade econômica de qualquer empreendimento.

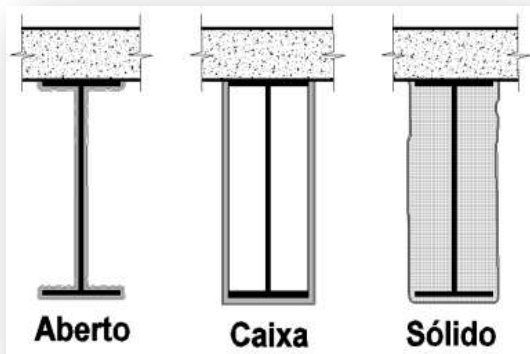
Não interferem no projeto de edificações, com os acréscimos de área dos componentes metálicos e apresentam um bom acabamento.

4.1.2 Vigas

Vigas são elementos estruturais responsáveis principalmente por sustentar as cargas provenientes das lajes e paredes e transmiti-las aos pilares. Em estruturas metálicas, o perfil mais utilizado é o tipo I, (Figura 20).

Figura 20: Forma de aplicação do revestimento contra incêndio em vigas.

Figure 20: Application method of fire coating in beams.



Fonte: [Pannoni \(2009, p. 26\)](#).

Quanto à forma de aplicação de revestimento contra fogo em vigas, pode apresentar características inerentes ao ambiente e ao requinte estético.

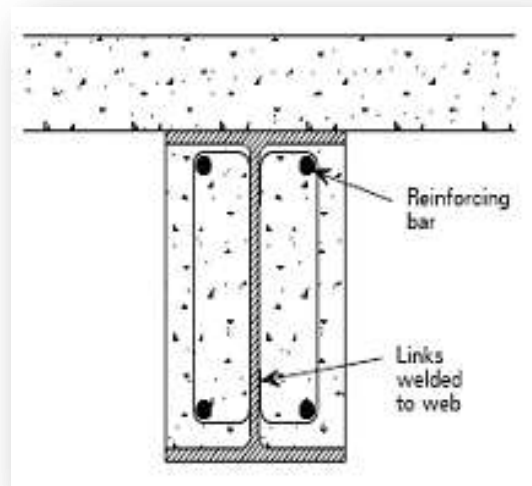
A) Proteção de viga com concreto

As vigas de aço que utilizam concreto como revestimento contra incêndio e também para a absorção de esforços, auxiliando o conjunto estrutural (aço/concreto) são menos usadas, se comparadas aos demais

sistemas. As etapas executivas são mais variadas (Figura 21) e necessitam de um tempo maior para dar acabamento quando necessário, principalmente se ficar aparente e seguir com revestimento convencional de tintas, pouco interferindo no projeto de edificações.

Figura 21: Viga com revestimento contra incêndio de concreto.

Figure 21: Beam with concrete fire coating.



Fonte: [Pannoni \(2009, p. 41\)](#).

B) Proteção de viga com placas e painéis de fibras minerais

b1) Placas de GARF

A utilização de placas de GARF segue as mesmas características quando aplicadas em pilares. Esse tipo de revestimento consiste numa proteção tipo caixa e exige cuidados especiais nas uniões entre as placas ao elemento a revestir, para impedir a passagem de gases quentes pelas juntas, principalmente por ser um elemento que está localizado na parte superior do ambiente, (Figura 22).

Figura 22: Viga / pilar protegido com placa de GARF.
Figure 22: Beam/Pillar protected with GARF board.



Fonte: [KNAUF DO BRASIL \(2015\)](#).

Sua execução exige pinos de fixação nas superfícies.

b2) Placas de lã de rocha

São boas alternativas para a proteção de estruturas de edificações já em funcionamento, uma vez que esses sistemas geram menos sujeira que materiais projetados ([Figura 23](#)). Tais sistemas são fixados em pinos previamente soldados à estrutura e possuem acabamento rústico, devendo ficar ocultos sobre forros ou envolvidos por materiais específicos de acabamento, aumentando o perímetro do elemento a ser protegido, com atenção especial ao pé direito que, em ambiente de altura limitada. Previsão de forro falso poderá ficar comprometida.

Figura 23: Placas de lã de rocha.
Figure 23: Mineral wool boards.



Fonte: [Pannoni \(2009, p. 33\)](#).

Esse tipo de proteção não necessita de preparo da superfície da estrutura de aço; no entanto, sua fixação é lenta, principalmente ao redor de detalhes complexos e pode ter o custo elevado.

b3) Placas de vermiculita e painéis de sílico autoclavado

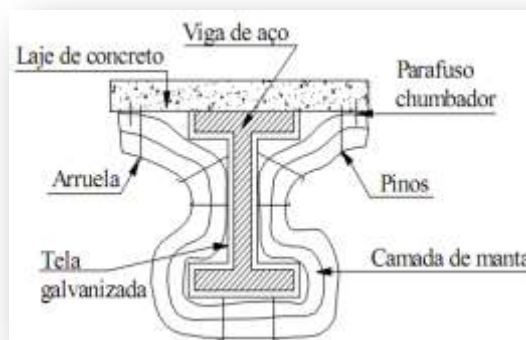
Esses dois sistemas apresentam características semelhantes ao GARF, e as considerações relativas a resistências e acabamento seguem as mesmas das proteções em pilares de aço.

C) Proteção de viga com mantas de fibras minerais

c1) Mantas de lã de rocha e fibra cerâmica

A lã de rocha é obtida da fusão da rocha de origem basáltica, é fornecida na densidade 96 kg/m^3 na proteção tipo contorno ([Figura 24](#)) e densidade 144 kg/m^3 para proteção tipo de caixa ([Figura 25](#)), dos perfis metálicos. As mantas de fibra cerâmica propiciam os mesmos acabamentos que a lã de rocha.

Figura 24: Fixação de lã de rocha – Tipo contorno.
Figure 24: Mineral wool fixation – contour type.



Fonte: [Martins \(2000, p. 33\)](#).

Figura 25: Mantas de fibra cerâmica.**Figure 25:** Ceramic fiber blankets.Fonte: [Vargas e Silva \(2003, p. 45\)](#).

Esses sistemas podem ficar aparentes quando usados em ambientes menos exigente, entretanto, se for discriminado um acabamento final refinado, será necessário encobrir o revestimento contra incêndio das vigas. O forro falso pode ser uma boa solução, contudo, o pé direito pode sofrer redução.

D) Argamassas projetadas e fibras projetadas

Esses sistemas apresentam as mesmas características das aplicações em pilares, porém, as interferências no projeto de edificações seguem as mesmas das fibras minerais. Nas argamassas projetadas, quando o acabamento for alisado (conforme as [Figuras 26a e 26b](#)) e receber pinturas, possibilitará um bom acabamento, sem a necessidade de colocação de forro falso.

Figura 26: Argamassa projetada, alisada (a) e pintada, (b) - Itambé Adm. Condomínios – SP.**Figure 26:** Designed mortar, smoothed (a) and painted, (b) - Itambé Adm. Condomínios - SPFonte: [REFRASOL \(2010\)](#).

E) Tintas intumescentes

São utilizadas principalmente em estruturas aparentes, onde o requisito é um acabamento de elevado requinte estético ([Figura 27](#)). A aplicação de tinta intumescente em vigas segue as especificações em pilares, não acrescentando aspectos dimensionais no elemento estrutural, e nem influenciando no acabamento, possibilitando ao arquiteto, discriminações de uma gama de cores que o sistema convencional de pintura apresenta e permitindo uma proteção adicional à pintura intumescente.

Figura 27: Pintura intumescente.**Figure 27:** Intumescent paint.Fonte: [TERMOCOM \(2015\)](#).

4.1.3 Lajes

Por apresentarem uma grande superfície exposta às chamas e às altas temperaturas, posicionada na situação mais severa nas condições de incêndio. A estanqueidade é

de fundamental importância para evitar a passagem de gases quentes e fumaça para o pavimento que fica acima.

A) Laje mista (aço/concreto)

Lajes de concreto com forma de aço incorporada (*steel deck*), sem material de revestimento contra fogo em situação de incêndio, calculadas a temperatura ambiente, seguindo os princípios normativos, devem apresentar uma resistência ao fogo de, no mínimo, 30 minutos, verificados os critérios de isolamento térmico, adotando a espessura efetiva mínima de concreto (h_{ef}), de acordo com o TRRF solicitado, ([Quadro 3](#)).

Quadro 3: Espessura efetiva mínima da laje em função do TRRF.

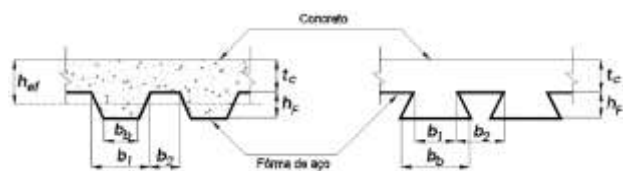
Frame 3: Minimum effective thickness of the slab due to the TRRF.

TRRF (minutos)	Espessura efetiva mínima h_{ef} (mm)
30	60
60	80
90	100
120	120
180	150

Fonte: [ABNT \(2013, p. 47\)](#).

Conforme a [Figura 28](#), a espessura de concreto (h_{ef}) influenciará em uma altura diferenciada, conforme o TRRF solicitado, o que resultará em elevação do pé direito do pavimento.

Figura 28: Dimensão da seção transversal da laje.
Figure 28: Cross-section dimension of the slab.



Fonte: [ABNT \(2013, p. 48\)](#).

As lajes de concreto com forma de aço incorporada (*steel deck*), sem revestimento contra incêndio ([Figura 29](#)) além da condi-

ção de estanqueidade, podem ser mais baratas se comparadas com o custo do revestimento contra incêndio com materiais projetados, caso a espessura de concreto especificado apresentar compatibilidade com as exigências da NBR 14323/2013 (h_{ef}).

Figura 29: Laje de concreto com forma de aço incorporada (*steel deck*).

Figure 29: Concrete slab with embedded steel shape (*steel deck*).



Fonte: [Pannoni \(2004, p. 29\)](#)

As lajes mistas que não apresentarem espessuras de concreto (h_{ef}) suficientes para atender aos critérios de isolamento contra incêndio deve utilizar revestimento contra incêndio ([Figura 30](#)).

Figura 30: Argamassa projetada - revestimento contra incêndio em laje de concreto com forma de aço incorporada (*steel deck*).

Figure 30: Designed mortar – fire coating in concrete slab with incorporated steel shape (*steel deck*).



Fonte: [Vargas et al. \(2010, p. 57\)](#).

Os materiais projetados pode ser uma boa solução, porém, não apresentam um bom acabamento; entretanto, em ambientes requintados, a utilização de elementos complementares (forro falso), pode ser uma boa solução.

5 CONCLUSÕES

No desenvolvimento deste trabalho foram abordados os vários tipos de proteções contra incêndio em elementos estruturais em aço e suas interações com o projeto de edificações.

Verificou-se, ainda, a importância SCI nos projetos de edificações, que deve ser solucionada na fase dos estudos preliminares evoluindo para o anteprojeto, em que o arquiteto normalmente deve considerar as exigências de proteção passiva e as interfaces com os dispositivos de proteção ativa e passiva. Importante destacar-se que é nessa fase, da definição das soluções de compatibilidade entre estruturas e demais elementos construtivos que se define o custo da segurança estrutural em situação de incêndio, e que, a conciliação da técnica e da arte pode levar a uma arquitetura atraente e segura.

A partir da pesquisa, verificou-se a necessidade de compreender o risco de incêndio a que uma edificação poderá estar exposta, quando a estrutura de aço não for protegida por barreira contra o fogo e as altas temperaturas, que deverá ser idealizada para atender às exigências das normas técnicas, a fim de evitar a instabilidade estrutural.

Constatou-se, também, que os diversos sistemas incorporados à edificação por meio de revestimento contra fogo, interação no projeto de arquitetura, quando a

opção for estrutura metálica em aço em que, por solicitação normativa, deve ser prevista a proteção dos elementos estruturais.

Outra constatação do presente trabalho foi a verificação de que a escolha do revestimento contra fogo, além do custo, facilidade de aplicação e da forma como é protegido o elemento estrutural em aço, reflete no projeto de edificações em soluções que podem levar acréscimos dimensionais em área e pé direito. Entretanto, quando a solução adotada for mista (aço/concreto) as dimensões finais desses elementos estruturais, será de responsabilidade do projetista de estruturas.

Mostrou-se, finalmente, que o arquiteto é o profissional responsável pelo projeto de arquitetura e pelo gerenciamento dos projetos complementares, por isso, é importante o conhecimento dos sistemas de revestimento contra fogo, e quais os materiais que a compõem, a fim de evitar intervenções inadequadas, que não revelem o que foi idealizado. Entretanto, se esse conhecimento não foi repassado na sua vivência acadêmica, maior será a dificuldade de se elaborar um projeto de edificações que possa minimizar essas intervenções.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. C. **Proteção térmica em elementos estruturais de aço**. 2010. 191 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, SC, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estrutura de madeira**. NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107p.

_____. **Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimentos.** NBR 14432. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 14p.

_____. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio.** NBR 14323. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 66p.

CARVALHO, M. J. de. **Arquitetura brasileira: um triste cenário.** Entrevista a AECweb, janeiro, 2010. São Paulo.

COELHO, R. de A. **Coletânea do uso do aço: interface entre perfis estruturais laminados e sistemas complementares.** 4. ed. Belo Horizonte: Perfis Açominas, 2007. 65 p.

GERKEN, A. L. dos R. **Materiais de revestimento contra incêndio para sistemas construtivos de baixo custo estruturados em aço.** 2007. 211 f. dissertação (Mestrado) - Curso de Escola de Engenharia, Departamento de Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Cap. 8.

JACINTO, *et al.* **Análise numérico-experimental de pilares mistos de aço e concreto em situação de incêndio.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 51^o, 2009, Curitiba. **Anais do 51^o Congresso Brasileiro do Concreto CBC2009.** São Paulo: Ibracon, 2009. v. 1, p. 1 - 17.

MARTINS, M. M. **Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio.** 2000. 214 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas) - Curso de Programa De Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

ONO, R. **Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos.** Ambiente Construído, São Paulo, v. 7, p. 97-113, 2007.

PANNONI, F. D. **Proteção de estruturas metálicas frente ao fogo: fundamentos, legislação e materiais.** In: III SEMINÁRIO DO USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - CDE-MEX/NEXEM, 2003, Vitória, p.11, 2003.

_____. **Coletânea do uso do aço: princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio.** 3. ed. Belo Horizonte: Perfil Gerdau Açominas, 2004. 90 p.

_____. **Proteção estrutural contra incêndio.** Módulo 09, Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2009. 66 p. (Curso a distância – via internet).

SEITO, A. I. *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008. 496p.

VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. **Resistência ao fogo das estruturas de aço.** Rio de Janeiro: IBS/CBSA, 2003. 78 p. (Série Manual de Construção em Aço).

VARGAS, M. R. *et al.* **Prevenção contra incêndio no projeto de arquitetura.** Rio de Janeiro: IAB/CBSA, 2010. 72 p. (Série Manual de Construção em Aço).

ZANETTINI, S. **A obra em aço de Zanettini.** São Paulo: J. J. Carol, 2007. 96 p.

Referências da Internet

ENGTERM – Engenharia. Disponível em: <<http://www.engterm.com.br/teste/html/index.htm>>. Acesso em: 20 abril. 2015.

KNAUF DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.knauf.com.br/?id=61>>. Acesso em: 17 abr. 2015.

REFRASOL. Disponível em: <<http://www.refrasol.com.br/index.php/servicos/protecao-contra-fogo/estruturas-metalicas>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

TERMOCOM – Materiais térmicos. Disponível em: <<http://www.termocom.com.br/>>

produtos-spi/estruturas-metali cas>. Acesso em: 20 abr. 2015.



License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Artigo **recebido** em 16 de maio de 2015.

Avaliado em 08 de janeiro de 2016.

Aceito em 22 de janeiro de 2016.

Publicado em 14 de março de 2016.

Como citar este artigo (ABNT):

ANDRADE, Cleide Cedeni; SOUZA, João Carlos. Projeto de arquitetura - proteção contra incêndio em elementos estruturais de aço. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá, v. 5, n. 2, p. 49-68, jul./dez. 2015.